

DIN EN 13452-1



ICS 45.140

Entwurf

Einsprüche bis 2023-04-24
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13452-1:2005-01

**Bahnanwendungen –
Bremsen – Bremssysteme städtischer Schienenbahnen –
Teil 1: Anforderungen und Definitionen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13452-1:2023**

Railway applications –
Braking – Urban rail brake systems –
Part 1: Requirements and definitions;
German and English version prEN 13452-1:2023

Applications ferroviaires –
Freinage – Systèmes de freinage des transports publics urbains et suburbains –
Partie 1: Exigences de performances;
Version allemande et anglaise prEN 13452-1:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-02-24 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF), Rolandstr. 4, 34131 Kassel.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 69 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13452-1:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 087-00-03 AA „Bremse“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

DIN EN 13452 unter dem allgemeinen Titel *Bahnanwendungen — Bremsen — Bremssysteme städtischer Schienenbahnen* besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Anforderungen und Definitionen
- Teil 2: Prüfverfahren

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13452-1:2005-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen aktualisiert;
- b) Anforderungen an Konstruktion und Anforderungen an bestimmte Fahrzeugarten überarbeitet;
- c) Empfehlungen für Gleitschutz hinzugefügt.

**Bahnanwendungen – Bremsen – Bremssysteme städtischer Schienenbahnen – Teil 1:
Anforderungen und Definitionen**

Railway applications – Braking – Urban rail brake systems – Part 1: Requirements and definitions

Applications ferroviaires – Freinage – Systèmes de freinage des transports publics urbains et suburbains –
Partie 1: Exigences de performances

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole	8
5 Gestaltungsgrundsätze	9
5.1 Bremssystem	9
5.1.1 Allgemeines	9
5.1.2 Betriebsbremsung	9
5.1.3 Notbremsung	10
5.1.4 Sicherheitsbremsung	10
5.1.5 Haltebremse	10
5.1.6 Feststellbremse	10
5.1.7 Gleitschutz-Systeme	11
5.1.8 Sandungsanlagen	11
5.2 Umgebungsbedingung	11
5.3 Lastkriterien	11
5.4 Bremstechnische Grundlagen	11
5.4.1 Verfügbarer Kraftschluss	11
5.4.2 Anhalteweg	12
5.4.3 Zuladung	12
5.4.4 Energieversorgung	12
5.5 Betriebliche Anforderungen	12
5.5.1 Fahrgastalarm	12
5.5.2 Sicherheitsfahrschaltung	12
5.5.3 Zugsicherung	12
5.5.4 Kuppeln/Entkuppeln	13
5.6 Leistungsanforderungen	13
5.6.1 Äquivalente Ansprechzeit	13
5.6.2 Anhalteweg	13
5.6.3 Betriebliche Anforderungen an das Bremsvermögen	14
5.6.4 Komfortwerte	15
5.6.5 Garantiertes Bremsvermögen	15
5.7 Folgen von Ausfällen des Bremssystems	15
5.7.1 Allgemeines	15
5.7.2 Gestaltungsgrundsätze	15
5.7.3 Hilfs- und Überwachungseinrichtungen	16
5.7.4 Ausfall der dynamischen Bremse	16
5.8 Automatische Zugsteuerung	16
5.9 Aufbau des Bremssystems	16
5.9.1 Allgemeines	16
5.9.2 Bremssteuerung des Zuges	17
5.9.3 Bremssystem	17
5.9.4 Bremsbauteile	17
5.9.5 Überwachungseinrichtungen	17
5.9.6 Bremsprobe	17
5.9.7 Abschaltmöglichkeiten	18
6 Anforderungen für Straßen- und Light-Rail-Fahrzeuge	18
6.1 Merkmale von Straßen- und Light-Rail-Fahrzeugen	18
6.2 Bremssystemarchitektur	18

6.3	Werte für das Bremsvermögen	19
6.3.1	Allgemeines	19
6.3.2	Bremsvermögen	19
6.4	Komfortwerte	19
6.5	Statische Grenzwerte	20
6.5.1	Haltebremse	20
6.5.2	Feststellbremse	20
6.6	Auslegungsmassen	20
6.7	Ausführung	20
7	Anforderungen an Untergrundbahnfahrzeuge mit Stahlrädern	21
7.1	Merkmale von Untergrundbahnfahrzeugen mit Stahlrädern	21
7.2	Bremssystemarchitektur	21
7.3	Werte für das Bremsvermögen	22
7.3.1	Allgemeines	22
7.3.2	Dynamische Grenzwerte	22
7.3.3	Komfortwerte	22
7.3.4	Statisches Bremsvermögen	23
7.4	Auslegungsmassen	23
7.5	Ausführung	23
8	Anforderungen an Untergrundbahnfahrzeuge mit gummibereiteten Rädern	24
8.1	Merkmale von Untergrundbahnfahrzeugen mit gummibereiteten Rädern	24
8.1.1	Allgemeines	24
8.1.2	Kenngößen	24
8.2	Bremssystemarchitektur	24
8.3	Werte für das Bremsvermögen	25
8.3.1	Allgemeines	25
8.3.2	Dynamische Grenzwerte	25
8.3.3	Komfortwerte	25
8.3.4	Statisches Bremsvermögen	26
8.4	Auslegungsmassen	26
8.5	Ausführung	27
9	Anforderungen an andere städtische Schienenfahrzeugkategorien	27
9.1	Allgemeines	27
9.2	Eigenschaften anderer Nahverkehrszüge	27
9.3	Aufbau des Bremssystems	27
9.4	Werte für das Bremsvermögen	28
9.4.1	Allgemeines	28
9.4.2	Dynamische Grenzwerte	28
9.4.3	Komfortwerte	28
9.4.4	Statische Grenzwerte	29
9.5	Auslegungsmassen	29
9.6	Ausführung	30
Anhang A (informativ)	Empfehlungen für den Gleitschutz	31
Literaturhinweise		34

Tabellen

Tabelle 1	Notbremsungsarten	10
Tabelle 2	Theoretisches Bremsvermögen	19
Tabelle 3	Verzögerungs- und Ruckwerte	19
Tabelle 4	Lastannahmen	20
Tabelle 5	Bremsfunktionen/Bremseinrichtungsarten	21
Tabelle 6	Theoretisches Bremsvermögen	22
Tabelle 7	Verzögerungs- und Ruckwerte	22
Tabelle 8	Lastannahmen	23

Tabelle 9 — Bremsfunktionen/Bremseinrichtungsarten	24
Tabelle 10 — Theoretisches Bremsvermögen	25
Tabelle 11 — Verzögerungs- und Ruckwerte	25
Tabelle 12 — Lastannahmen	26
Tabelle 13 — Bremsfunktionen/Bremseinrichtungsarten	27
Tabelle 14 — Theoretisches Bremsvermögen	28
Tabelle 15 — Verzögerungs- und Ruckwerte	29
Tabelle 16 — Lastannahmen	29
Tabelle 17 — Bremsfunktionen/Arten von Bremseinrichtungen	30
Tabelle A.1 — Empfehlungen für den Gleitschutz	31

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13452-1:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Dieses Dokument wird EN 13452-1:2003 ersetzen.

Gegenüber EN 13452-1:2003 enthält prEN 13452-1:2023 die folgenden maßgeblichen technischen Änderungen:

- normative Verweisungen wurden aktualisiert;
- Anforderungen an die Gestaltung und Anforderungen an spezifische Fahrzeugtypen wurden überarbeitet;
- Empfehlungen zum Gleitschutz wurden hinzugefügt.

Diese Normenreihe EN 13452, *Bahnanwendungen — Bremsen — Bremssysteme städtischer Schienenbahnen*, besteht aus zwei Teilen:

- *Teil 1: Anforderungen und Definitionen*
- *Teil 2: Prüfverfahren*

Einleitung

Hinsichtlich des geforderten europaweiten Wettbewerbs ermöglicht diese Norm zukünftigen Anbietern, Fahrzeuge vorzuschlagen oder anzubieten, die den hinsichtlich des Bremsvermögens vorgegebenen Mindestanforderungen genügen.

Im Fall von Schienenfahrzeugen, die auf mehr als einem System betrieben werden (z. B. Tram-Train-Fahrzeuge), definiert die technische Spezifikation (technische Vereinbarung zwischen Interessengruppen), welche Anforderungen in den verschiedenen Teilen des Systems anwendbar sind.

Sofern in diesem Dokument erwähnt, legt die technische Spezifikation besondere Parameter und zusätzliche Anforderungen an das Bremsen fest.

Hinsichtlich des Abschnitts 9, der hauptsächlich andere städtische Schienenfahrzeugkategorien betrifft, kann es Grenzfälle geben, die auch in den Anwendungsbereich von EN 16185-1 fallen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt grundlegende Anforderungen und Definitionen an ein Bremssystem für den Einsatz in städtischen Schienenfahrzeugen fest.

ANMERKUNG Städtische Schienenfahrzeuge sind in EN 17343 definiert.

Dieses Dokument ist anwendbar für

- Straßenbahnfahrzeuge und Light-Rail-Fahrzeuge,
- Untergrundbahnfahrzeuge mit Stahlräder,
- Untergrundbahnfahrzeuge auf gummibereiften Rädern,
- andere städtische Schienenfahrzeugkategorien.

Dieses Dokument ist nicht für besondere Verkehrssysteme, z. B. Ein-Schienen-Bahnen, Zahnradbahnen, vom übrigen Netz getrennte Bahnen wie Museumsbahnen, Betriebsfahrzeuge usw. anwendbar.

Der Nachweis der Erfüllung der Funktions- und Leistungsanforderungen dieses Dokuments erfolgt durch Prüfungen entsprechend prEN 13452-2:2023.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 14478, *Bahnanwendungen — Bremsen — Fachbegriffe*

EN 14531-1:2015+A1:2018, *Bahnanwendungen — Verfahren zur Berechnung der Anhalte- und Verzögerungsbremswege und der Feststellbremsung — Teil 1: Allgemeine Algorithmen für Einzelfahrzeuge und Fahrzeugverbände unter Berücksichtigung von Durchschnittswerten*

EN 14531-2, *Bahnanwendungen — Verfahren zur Berechnung der Anhalte- und Verzögerungsbremswege und der Feststellbremsung — Teil 2: Schrittweise Berechnungen für Zugverbände oder Einzelfahrzeuge*

EN 15663, *Bahnanwendungen — Fahrzeugreferenzmassen*

EN 17343, *Bahnanwendungen — Allgemeine Begriffe*

EN 50125-1, *Bahnanwendungen — Umweltbedingungen für Betriebsmittel — Teil 1: Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 14478, EN 14531-1, EN 14531-2 und EN 17343 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

3.1

Fahrer

Person, die die manuelle Steuerung des Zugs vornimmt, oder das automatische Zugsteuerungssystem

3.2

technische Spezifikation

projektspezifisches Dokument, das spezifische Parameter und/oder Anforderungen an das Bremssystem zwischen einem Kunden und einem Lieferanten als Ergänzung zu den Anforderungen dieser Norm beschreibt

3.3

Entwurfsspezifikation

projektspezifisches Dokument des Lieferanten, das die verschiedenen Funktionen des Bremssystems entsprechend den Anforderungen der technischen Spezifikation im Detail beschreibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Entwurfsspezifikation kann als Grundlage für die Prüfanweisung verwendet werden.

3.4

Lastkompensation

Anpassung der Bremskraft eines Bremssystems in Abhängigkeit von der Zuladung mit dem Ziel, die Verzögerung lastunabhängig auf gleichem Niveau zu halten

3.5

maximaler (mittlerer) Ruck

innerhalb des Zeitraums t_{ab} (Bremsaufbauzeit) nach EN 14531-1 gemessene und gemittelte Veränderung der Verzögerung

3.6

bremstechnische Höchstmasse

geforderte maximale Masse für die jeweilige Bremsfunktion, für die die Bremse ausgelegt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die technische Spezifikation kann einen anderen Wert für die bremstechnische Höchstmasse festlegen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Auslegungsmasse kann geringer als die oder gleich der „Auslegungsmasse bei außergewöhnlicher Zuladung“ (MXD) nach EN 15663 sein.

3.7

Art der Bremseinrichtung

mitwirkende Bremseinrichtung mit unterschiedlichen Eigenschaften (z. B. Ansprechzeit, Betriebsweise...)

4 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole:

a	Verzögerung, in m/s^2
s	Anhalteweg, in m, nach EN 14531
t	Zeit, in s, nach EN 14531
t_{ab}	Bremsaufbauzeit vom Erreichen von a % bis zum Erreichen von b % der festgelegten Verzögerung, in s, nach EN 14478
v	Geschwindigkeit, in m/s, nach EN 14531

5 Gestaltungsgrundsätze

5.1 Bremssystem

5.1.1 Allgemeines

Sofern nicht anders in diesem Dokument festgelegt, versteht sich das Bremssystem mit allen Bremsfunktionen im aktiven Zustand.

Mit dem Bremssystem muss Folgendes erreicht werden:

- einen fahrenden Zug verzögern oder anhalten;
- einen Zug im Stillstand halten;
- die Geschwindigkeit eines Zuges im Gefälle regeln.

Das Bremssystem muss so ausgelegt und beschaffen sein, dass

- es durchgängig, selbsttätig und unerschöpflich ist,
- es ein „low-aktives“ Bremssignal zumindest für die Notbremsung und Sicherheitsbremsung auslöst,
- es mindestens zwei separate Einrichtungen an der Mensch-Maschine-Schnittstelle zum Anfordern einer Notbremsung oder Sicherheitsbremsung besitzt,

ANMERKUNG 1 Wenn die Funktion einer Sicherheitsbremsung im Zug implementiert ist, ist es ausreichend, wenn nur eine Notbremsungs-Steuerungseinrichtung und nur eine Sicherheitsbremsungs-Steuerungseinrichtung vorhanden sind.

- Züge oder Triebzüge ohne Gefahr für Fahrgäste und Dritte mit vertretbaren Ruckwerten bei der Betriebsbremsung angehalten werden können,
- bei Anforderung der Bremsung die Antriebskraft im gesamten Zug abgeschaltet wird,

ANMERKUNG 2 Einige Betriebsbedingungen können eine Überlagerung des Antriebs und der Betriebsbremsung erfordern, wie etwa das Zurückrollen.

- der Kraftschlussgrenzwert nach 5.4.1 lediglich ein Auslegungskriterium für die Bremsberechnung nach EN 14531-1 ist, um sicherzustellen, dass das Bremssystem die Anforderungen von Abschnitt 6 bis Abschnitt 9 erfüllen kann,
- die thermischen Beanspruchungen die thermische Kapazität der beteiligten Bremseinrichtungen nicht überschreitet.

Um diese Eigenschaften zu erfüllen, sind mehrere Funktionen erforderlich, die nachstehend beschrieben werden. Die Einrichtungen zur Funktionserfüllung müssen mit den Anforderungen übereinstimmen, die in dem entsprechenden Abschnitt für die jeweilige Fahrzeugart festgelegt sind.

5.1.2 Betriebsbremsung

Die Betriebsbremsung muss so gestaltet werden, dass die vorgegebenen Leistungswerte durchweg erreicht werden. Sie muss für einen dauerhaften Gebrauch durch den Fahrer ausgelegt sein. Die Bremswerte müssen so festgelegt werden, dass der Fahrgastkomfort ausreichend berücksichtigt wird.

Während der Blending-Vorgänge darf die Momentan-Verzögerung um nicht mehr als $\pm 10\%$ von dem geforderten Wert abweichen.

Die Betriebsbremsung muss bei jeder Notbremsung oder Sicherheitsbremsung übersteuert werden.

5.1.3 Notbremsung

Der Antrieb (nicht die ED-Bremsfunktion) muss automatisch und unverzüglich abgeschaltet werden. Er kann nicht reaktiviert werden, bevor die Bremsanforderung vollständig aufgehoben wurde, und ohne bewusste Handlung des Fahrers nach 3.1.

Die Notbremsungen müssen vorgesehen werden und einen vorgegebenen Leistungswert erreichen. Wann immer der Begriff „Not“ verwendet wird, muss die erforderliche Art der Notbremse in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Die verschiedenen Notbremsungsarten sind unter Berücksichtigung der Ansteuerung definiert, siehe Tabelle 1. Das Bremsvermögen, das bei jeder dieser Notbremsungsarten erreicht wird, ist nicht notwendigerweise unterschiedlich. Es ist möglich, zwei oder mehr Arten bei der Festlegung des Notbremssystems für ein bestimmtes Fahrzeug zusammenzufassen:

Tabelle 1 — Notbremsungsarten

Betriebsart	Übliche Ansteuerungs-Einrichtungen
Notbremsung 1	Aufmerksamkeit des Fahrers oder ATO- oder ATP-System
Notbremsung 2	Fahrgast-Notbremsung
Notbremsung 3	Fahrer, über spezielle Stellung des Bremsstellers oder ATP-Systems
Notbremsung 4	autorisiertes Personal über Steuerungen, unabhängig vom Bremssteller

Wenn ein ATP-System angewendet wird, muss die beteiligte Bremsfunktion in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

ANMERKUNG Es ist möglich, die verschiedenen Stufen der Notbremsung durch andere Mittel als oben angegeben einzuleiten, z. B. Fahrer-Assistenzsysteme.

5.1.4 Sicherheitsbremsung

Die Sicherheitsbremsung darf als besondere Form der Bremsung festgelegt werden. Sie bietet nicht notwendigerweise ein hohes Bremsvermögen

5.1.5 Haltebremse

Die Haltebremse darf als besondere Funktion vorgesehen werden, wenn die technische Spezifikation dies vorgibt. Die Zuladung (siehe Tabelle 3), das Gefälle und die Zeit, während der sie wirken muss, sollten in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Optional kann eine Rückrollfunktion implementiert werden, um bei einer Antriebsanforderung die Bremse automatisch im Fall einer Bewegung des Zugs entgegen der von dem Fahrer gewählten Fahrtrichtung anzulegen. Die maximale Rückrollstrecke bis zum Halt des Zugs darf in der technischen Spezifikation angegeben werden.

5.1.6 Feststellbremse

Die Aufgabe der Feststellbremse ist es automatisch anzulegen, wenn alle Steuereinrichtungen des Fahrers deaktiviert sind oder jegliche Energieversorgung ausgefallen ist. Eine manuelle Steuerung der Feststellbremse kann zusätzlich vorgesehen werden, um den abgerüsteten Zug dauerhaft ohne Energieversorgung festzuhalten. Sie kann durch eine Bewertung der konstruktiven Auslegung validiert werden.

5.1.7 Gleitschutz-Systeme

GS-Systeme werden in Zügen eingesetzt, um Folgendes zu erreichen:

- Optimieren des Bremsvermögens bei vermindertem Kraftschluss, um den praktischen Anhalteweg zu minimieren;
- Minimieren von Radschäden durch Gleiten des Rades oder Radstillstand;
- Minimieren von Schäden an den Schienen;
- Minimieren des Verbrauchs der gespeicherten Energie für die Betätigung der Bremse während des Betriebs.

Wenn die Übereinstimmung mit EN 15595 nicht in der technischen Spezifikation festgelegt oder nicht auf das betreffende Fahrzeug anwendbar ist, kann Anhang A als Referenzliste empfohlen werden.

5.1.8 Sandungsanlagen

Sandungsanlagen sollten verwendet werden, um die Bremsleistung durch Erhöhen des Kraftschlusses bei vermindertem Kraftschluss zu optimieren. Die Anwendung von Sand darf Signalanlagen nicht stören und sollte die Stromversorgung nicht unterbrechen.

5.2 Umgebungsbedingung

Das Fahrzeug und die Bordausrüstung müssen ihre Funktion unter den in der technischen Spezifikation in Übereinstimmung mit EN 50125-1 festgelegten Bedingungen erfüllen. Sie müssen in den klimatischen Zonen, für die sie ausgelegt wurden und in denen sie betrieben werden, einwandfrei funktionieren.

Für bestimmte Anwendungen können weitere Anforderungen erforderlich sein, z. B. für skandinavische Länder. Insbesondere beim Einsatz von hydraulischen Bremsen, wird die Ansprechzeit direkt durch die Temperaturabhängigkeit der Viskosität der Hydraulikflüssigkeit beeinflusst. Dies muss berücksichtigt werden und Teil der technischen Spezifikation sein.

5.3 Lastkriterien

Bei der Festlegung des Bremsvermögens ist die Zuladung einer der Hauptparameter, mit der dieses erreicht werden muss. Die einzelnen Werte müssen in der technischen Spezifikation unter Zugrundelegung der Eigenheiten des jeweiligen Systems festgelegt werden.

Sofern nicht anders festgelegt, müssen die Massendefinitionen nach EN 15663 für die Fahrzeugkategorie M-II angewendet werden, z. B. MVD, MND, MXD.

Die bremstechnische Höchstmasse ist in 6.6, 7.4, 8.4 und 9.5 genannt.

5.4 Bremstechnische Grundlagen

5.4.1 Verfügbarer Kraftschluss

Eine der wichtigsten Kenngrößen bei der Erzielung eines ausreichenden Bremsvermögens ist der verfügbare Kraftschluss zwischen den Rädern und der Schiene bzw. dem Fahrweg. Dieser Kennwert ist nicht nur bei verschiedenen Bahnsystemen unterschiedlich, sondern ändert sich auch mit den tatsächlichen Gleisbedingungen.

Der Infrastrukturmanager muss Informationen über die in dem betroffenen Netz zu berücksichtigende Höhe des verfügbaren Kraftschlusses bereitstellen und darf spezifische Präventiv- oder Korrekturmaßnahmen treffen, um die Auswirkungen eines verminderten Kraftschlusses während des Bremsens zu minimieren und eine zufriedenstellende Leistung zu erreichen, wie etwa durch Reinigung der Schienen.

Der maximale Grenzwert für den Kraftschluss eines Schienenfahrzeuges nach Abschnitt 6 beträgt 0,33 bei einer Notbremsung 3 und 4.

Der maximale Grenzwert für den Kraftschluss eines Schienenfahrzeuges nach Abschnitt 7 und Abschnitt 9 (Stahlrad) beträgt 0,17 bei einer Notbremsung 3 und 4.

Der nach EN 14531-1:2015+A1:2018, 5.9 für die Feststellbremse berechnete maximale erforderliche Kraftschluss darf den folgenden Wert nicht überschreiten:

- 0,15 für Schienenfahrzeugtypen nach Abschnitt 6;
- 0,12 für Schienenfahrzeugtypen nach Abschnitt 7 und Abschnitt 9.

5.4.2 Anhalteweg

Dieses Dokument legt akzeptable Leistungswerte durch die Angabe von Verzögerungsbereichen fest, die üblicherweise zu einer zufriedenstellenden Leistung führen. Jedoch können bei vielen Anwendungsfällen zusätzliche Kriterien in der technischen Spezifikation festgelegt werden, die oftmals auf gesetzlichen Bestimmungen eines bestimmten Landes basieren oder durch die Anforderungen eines zugehörigen Signalsystems bedingt sind. Häufig sind diese Kriterien in Form von maximalen Anhaltewegen bei bestimmten Geschwindigkeiten angegeben. Dabei ist es bei der Auslegung solcher Bremssysteme wichtig, bei den einzuhaltenden Anhaltewegen auch die Strecke einzuschließen, die bereits während der Ansprechzeit der Bremse zurückgelegt wird.

5.4.3 Zuladung

Für die Zugarten, die in diesem Dokument behandelt werden, stellt die Zuladung einen hohen Anteil gegenüber der Leermasse des Zuges dar. Die Auslegung des Bremssystems muss dies berücksichtigen, um eine wirksame Ausnutzung des Kraftschlusses zu erreichen. Wenn eine feste Bremskraft erforderlich ist (d. h. ohne Lastkompensation), wird sich der Anhalteweg in Abhängigkeit von der Zuladung ändern.

5.4.4 Energieversorgung

Mit Ausnahme von hydraulisch wirkenden Bremskrafterzeugern ohne Druckspeicher muss die lokal zu speichernde Mindestbremsenergie 2 Notbremsungen in der Bremsart und dem Lastfall genügen, die die höchste Energie im stehenden Zustand oder auf trockenem Gleis verbrauchen, falls Prüfungen am stehenden Zug nicht möglich sind.

Bei passiven Bremskrafterzeugern ist diese Anforderung nicht anwendbar (weil intrinsisch erfüllt).

5.5 Betriebliche Anforderungen

5.5.1 Fahrgastalarm

Züge, die Fahrgäste befördern, müssen mit Einrichtungen versehen sein, die es den Fahrgästen ermöglichen, eine Notbremsung 2 oder einen Notruf auszulösen. Für weitere Einzelheiten siehe EN 16334-2. Besondere Kundenanforderungen sollten in der technischen Spezifikation angegeben werden.

5.5.2 Sicherheitsfahrschaltung

Durch Fahrer gesteuerte Züge müssen mit einer Totmannschaltung oder einer Sicherheitsfahrschaltung ausgerüstet sein, die bei einem Ausfall des Fahrers eine Notbremsung 1 bewirkt. Besondere Kundenanforderungen sollten in der technischen Spezifikation angegeben werden.

5.5.3 Zugsicherung

Für eine automatische Zugsicherung dürfen Sicherungseinrichtungen eingebaut werden. Diese können unter bestimmten in der technischen Spezifikation festgelegten Bedingungen eine Bremsung einleiten (z. B. bei Über-

schreiten der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten, beim Überfahren von Halt zeigenden Signalen, beim Öffnen der Türen während der Fahrt).

5.5.4 Kuppeln/Entkuppeln

Während des Kuppelns dürfen zur Sicherung des Stillstands des Zugs angelegte Bremsen nicht gelöst werden.

Der Befehl „Entkuppeln“

- erfordert eine bewusste Handlung des Fahrers, damit der Befehl „Entkuppeln“ nicht aus einer unbeabsichtigten oder fehlerhaften Handlung resultiert (z. B. aus einer inaktiven Fahrerkabine),
- darf nur akzeptiert werden, wenn die unerschöpfbaren Bremsen (Feststellbremse) vorab angelegt wurden,
- darf nicht möglich sein, während sich der Zug bewegt.

Im Falle einer unbeabsichtigten Zugtrennung müssen alle Fahrzeuge des Zuges automatisch mindestens mit der in Tabelle 4, Tabelle 8, Tabelle 12 und Tabelle 16 für die Sicherheitsbremsung angegebenen Mindestleistung zum Stillstand gebracht werden.

5.6 Leistungsanforderungen

5.6.1 Äquivalente Ansprechzeit

Entsprechend der Festlegung der äquivalenten Ansprechzeit in EN 14478 wird a % auf 10 % und b % auf 90 % festgelegt.

5.6.2 Anhalteweg

Für jeden Zug und jede Ausgangsgeschwindigkeit muss das nominelle Anhaltewegkriterium wie folgt berechnet werden:

- a) Die Bezugsbedingungen sind
 - 1) ebenes Gleis,
 - 2) gerades Gleis,
 - 3) Kraftschlussbeiwert bei trockener, sauberer Schiene,
 - 4) Umgebungstemperatur innerhalb des Temperaturbereichs des betrieblichen Einsatzbereichs (siehe 5.2).
- b) Während einer äquivalenten Ansprechzeit (t_e) wird der Zug nicht verzögert.
- c) Nach dieser Zeit t_e ist die Verzögerung (a_e) konstant, bis der Zug hält.

Für diese theoretische Bremsung muss der Anhalteweg s für jede Ausgangsgeschwindigkeit v_0 nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$s = v_0 \times t_e + \frac{v_0^2}{2a_e} \quad (1)$$

Für einen gegebenen Anhalteweg s und eine äquivalente Ansprechzeit t_e muss die äquivalente Verzögerung a_e anhand der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$a_e = \frac{v_0^2}{2 \times (s - v_0 \times t_e)} \quad (2)$$

Dabei ist

v_0 die Ausgangsgeschwindigkeit, angegeben in m/s nach EN 14531;

t_e die äquivalente Ansprechzeit, angegeben in s nach EN 14478;

a_e die äquivalente Verzögerung, angegeben in m/s² nach EN 14531.

5.6.3 Betriebliche Anforderungen an das Bremsvermögen

Die technische Spezifikation muss angeben, ob die betrieblichen Anforderungen an das Bremsvermögen verknüpft sind mit

— Anhaltewegen s : **FALL A**,

oder

— der äquivalenten Ansprechzeit t_e und der äquivalenten Verzögerung a_e : **FALL B**.

FALL A und **FALL B** dürfen nicht zusammen gefordert werden.

FALL A: Die maximalen geforderten Anhaltewege müssen mit t_e und a_e für jede Ausgangsgeschwindigkeit unter Verwendung der Gleichung (1) berechnet werden. t_e und a_e sind in den folgenden Tabellen festgelegt:

- Tabelle 2 — Theoretisches Bremsvermögen;
- Tabelle 6 — Theoretisches Bremsvermögen;
- Tabelle 10 — Theoretisches Bremsvermögen;
- Tabelle 14 — Theoretisches Bremsvermögen.

Die Abnahmekriterien sind nur die Anhaltewege und nicht t_e und a_e .

FALL B: Die Werte in den folgenden Tabellen müssen als Höchstwerte für t_e und Mindestwerte für a_e verwendet werden:

- Tabelle 2 — Theoretisches Bremsvermögen;
- Tabelle 6 — Theoretisches Bremsvermögen;
- Tabelle 10 — Theoretisches Bremsvermögen;
- Tabelle 14 — Theoretisches Bremsvermögen.

Die Abnahmekriterien sind t_e und a_e .

Bei einem Fehlerfall an der Bremsanlage muss das Bremsvermögen 5.7 entsprechen.

Es ist zu beachten, dass **FALL A** und **FALL B** die Komfortwerte nach 5.6.4 erfüllen müssen.

ANMERKUNG Die in diesen Tabellen angegebenen Grenzwerte sind Nenngrenzwerte und keine garantierten Grenzwerte.

5.6.4 Komfortwerte

Die Komfortwerte für jeden Schienenfahrzeugtyp müssen mit den betrieblichen Bremsvermögen in Zusammenhang gebracht werden. Diese Komfortwerte werden in Form von Maximalwerten für die Verzögerung und den Ruck in den folgenden Tabellen angegeben:

- Tabelle 3 — Verzögerungs- und Ruckwerte;
- Tabelle 7 — Verzögerungs- und Ruckwerte;
- Tabelle 11 — Verzögerungs- und Ruckwerte;
- Tabelle 15 — Verzögerungs- und Ruckwerte.

Die in Abschnitt 6 bis Abschnitt 9 festgelegten Ruckgrenzwerte gelten nur für den Beginn der Bremsung.

5.6.5 Garantiertes Bremsvermögen

Wenn garantiertes Bremsvermögen gefordert wird, muss das dem Fahrzeug zugrunde zu legende Vertrauensniveau in Absprache mit dem Betreiber und dem Infrastrukturmanager festgelegt werden.

5.7 Folgen von Ausfällen des Bremssystems

5.7.1 Allgemeines

Die technische Spezifikation sollte die Folgen des ungünstigsten Einzelfehlers des Bremssystems festlegen, d. h. die Betriebsbedingungen, die beachtet werden sollten, und das Bremsvermögen, das bei einer Notbremsung (oder Sicherheitsbremsung, sofern zutreffend) für die Haltebremse und die Feststellbremse erreicht werden sollte.

Sofern nicht in der technischen Spezifikation festgelegt, müssen die Folgen des ungünstigsten Einzelfehlers des Bremssystems für eine Notbremsung (oder Sicherheitsbremsung, sofern zutreffend), für die Leistungsfähigkeit der Haltebremse und der Feststellbremse und für die Betriebsbedingungen (z. B. reduzierte Geschwindigkeit) des ungünstigsten Einzelfehlers des Bremssystems entsprechend den Ergebnissen der Sicherheitsanalyse berücksichtigt werden.

Es wird empfohlen, den Fall von nicht-konditionierter Komponenten (z. B. Bremsklötze oder Bremsbeläge) in der technischen Spezifikation zu berücksichtigen.

5.7.2 Gestaltungsgrundsätze

Die folgenden Risiken müssen im Zuge der Gestaltung berücksichtigt und gemindert werden. Die folgenden Gefährdungen aufgrund eines Ausfalls müssen mindestens berücksichtigt werden.

- a) Das Bremsvermögen ist höher als das geforderte:
 - 1) Auswirkung auf Gleisverschiebungskräfte;
 - 2) übermäßiger Ruck.
- b) Das Bremsvermögen ist geringer als das geforderte:
 - 1) Beibehaltung der Antriebsleistung des Zuges während der Schnellbremsanforderung;
 - 2) das erforderliche Bremsvermögen der Notbremsung wird nicht erreicht;

- 3) das erforderliche Bremsvermögen der Feststellbremse wird nicht erreicht.
- c) Bei Anforderung ist keine Bremskraft vorhanden; dieser Fall darf bei einem Einzelfehler nicht auftreten:
 - 1) bei Anforderung erfolgt keine Notbremsung oder Sicherheitsbremsung im gesamten Zug;
 - 2) Zwangsbremsung (Not- oder Sicherheits-) wird bei unbeabsichtigter Zugtrennung (Verlust der Zugintegrität) nicht ausgelöst;
 - 3) Feststellbremse: Verlust der Bremskraft im Verlauf der Zeit.
- d) Bremskraft ist vorhanden, obwohl kein Bremsbefehl gegeben wurde:
 - 1) ungültig lokal angelegte Bremse (einschließlich Feststellbremse).
- e) Versagen von Bremsbauteilen, das zum Tod oder zu Verletzungen oder zu Schäden am Zug oder der Infrastruktur führen könnte, z. B. Entgleisung.

Die Gefährdungen in dieser Liste müssen entsprechend dem in der technischen Spezifikation und/oder in den anzuwendenden Vorschriften festgelegten Prozess beurteilt werden.

Sofern nicht anders in der technischen Spezifikation festgelegt, muss für die Betriebsbremsung keine Sicherheitsanalyse durchgeführt werden, sofern der erforderliche Integritätsgrad des Fahrzeugs durch die Notbremsung oder, sofern zutreffend, die Sicherheitsbremsung abgedeckt ist.

5.7.3 Hilfs- und Überwachungseinrichtungen

Zusätzliche Einrichtungen können zur Unterstützung des Fahrbetriebs durch Überwachungs- und Notbedieneinrichtungen vorgesehen werden. Die Einzelheiten solcher Einrichtungen müssen durch die technische Spezifikation festgelegt werden. Beispielsweise wird empfohlen, das Anlegen und Lösen der Bremsen zu überwachen sowie eine Möglichkeit vorzusehen, diese regelmäßig vor Beginn des Fahrbetriebs zu prüfen.

5.7.4 Ausfall der dynamischen Bremse

Wenn eine dynamische Bremse vorgesehen ist (z. B. bei Verwendung der Antriebsausrüstung), muss bei deren Ausfall eine andere Bremsenrichtung automatisch verfügbar sein, die zumindest eine einmalige Bremsung bis zum Stillstand sicherstellt. Die Einzelheiten solcher Systeme müssen in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

5.8 Automatische Zugsteuerung

Bei diesen Zügen wird die Steuerung durch ein automatisches System anstelle manueller Bedienung verwendet (siehe EN 62290). Das erforderliche Bremsvermögen muss in der technischen Spezifikation in Abstimmung mit dem Steuerungssystem festgelegt werden. Bei der Auslegung eines neuen Bremssystems für einen bestehenden automatischen Betrieb muss das erforderliche Bremsvermögen durch die technische Spezifikation festgelegt werden.

5.9 Aufbau des Bremssystems

5.9.1 Allgemeines

Jedes Bremssystem muss besondere Funktionen erfüllen und die vorgeschriebene Funktionssicherheit erreichen. Die nachstehenden Punkte geben Hinweise für die Festlegung entsprechender Systeme.

Wenn ein Zug aus mehreren Fahrzeugen besteht, müssen die Bremsen aller Fahrzeuge dieses Zuges so gesteuert werden, dass der Zug die verlangten Bremsanforderungen erfüllt.

Bei jedem Bremssystem gibt es zwei Hauptfunktionen:

- die Erzeugung und Übertragung einer Bremsanforderung auf alle Fahrzeuge (Bremssteuerung des Zuges);
- die Umwandlung dieser Anforderung in eine Bremskraft auf jedem Fahrzeug (Bremssystem).

5.9.2 Bremssteuerung des Zuges

Die Funktion der Bremssteuerung des Zuges ist die Erzeugung und Übertragung eines Bremssignals von einem Steuergerät im Zug zu allen Wagen dieses Zuges.

Die Notbremsen-/Sicherheitsbremsensteuerung muss so beschaffen sein, dass der Verlust der Steuersignale zur Notbremsung/Sicherheitsbremsung an allen Fahrzeugen eines Zugs führt, wenn keine anderweitigen Festlegungen in der technischen Spezifikation erfolgen.

5.9.3 Bremssystem

Die Funktion des Bremssystems ist die Umwandlung des (Zug)-Bremssignals in eine Bremsanforderung an jeder angesprochenen Bremsenrichtung und die Erzeugung der geforderten Bremskraft.

Jedes Bremssystem, das Energie zur Erzeugung der Bremskraft benötigt, muss eine Energiereserve für eine Notbremsung/Sicherheitsbremsung bereitstellen. Die Kapazität dieser Reserve muss ausreichend sein, um die Bremsung bei maximaler Betriebsgeschwindigkeit, einschließlich der Gleitschutzbetätigung, sofern zutreffend, auch im Fall einer Zugtrennung sicherzustellen.

5.9.4 Bremsbauteile

Bauteile, die für die Notbremse/Sicherheitsbremse verwendet werden, dürfen auch für andere Bremsfunktionen benutzt werden, solange dabei nicht die Funktion der Notbremse/Sicherheitsbremse beeinträchtigt wird.

5.9.5 Überwachungseinrichtungen

Um Fehler zu identifizieren, welche die Sicherheit, die Funktion oder das Bremsvermögen des Bremssystems beeinträchtigen können, sollten Überwachungseinrichtungen vorgesehen werden, um Fehler zu erfassen und den Fahrer zu warnen. Folgende Anzeigen sollten vorgesehen werden:

- Status der an der Notbremsung/Sicherheitsbremsung beteiligten Bremssteuerungssysteme;
- vermindertes Bremsvermögen;
- Fehler beim Lösen einer Bremse.

5.9.6 Bremsprobe

Es sollten Prüfungsmöglichkeiten für Folgendes vorgesehen werden:

- die Einleitung einer Notbremsung kann von einem besetzten Fahrerplatz aus geprüft werden;
- das Anwenden oder Lösen der Reibungsbremse kann am stehenden Zug geprüft werden.

ANMERKUNG 1 Die technische Spezifikation kann festlegen, dass Bremsproben durchgeführt werden, bevor der Zug in Betrieb geht.

ANMERKUNG 2 Üblicherweise wird der Bremszylinderdruck geprüft.

5.9.7 Abschaltmöglichkeiten

Es sollten Einrichtungen vorgesehen werden, um fehlerhafte Bremsausrüstungen entsprechend den Anforderungen der technischen Spezifikation abzuschalten. Entsprechend dem nach einer Abschaltung verbleibenden Bremsvermögen kann ein Betrieb mit verminderter Geschwindigkeit notwendig sein, wenn dies in der technischen Spezifikation angegeben ist.

6 Anforderungen für Straßen- und Light-Rail-Fahrzeuge

6.1 Merkmale von Straßen- und Light-Rail-Fahrzeugen

Sofern nicht anders in der technischen Spezifikation angegeben, sind die folgenden Werte übliche Parameter:

- Haltestellenabstände 0,3 km bis 1,5 km;
- Bremsungen alle 0,5 min bis 2 min;
- maximales Gefälle 7 %;
- unterirdische Streckenabschnitte (wenn vorhanden) 8 % bis 10 % der Gesamtstreckenlänge;
- Züge fahren im Streckennetz mindestens abschnittsweise oder im Straßenverkehr auf Sicht.

6.2 Bremssystemarchitektur

6.2.1 Die Fahrzeuge müssen mit mindestens zwei Arten von Bremsenrichtungen ausgerüstet sein, die voneinander unabhängig sein müssen, sodass bei einem Fehler oder einem Versagen einer Bremsenrichtungsart die Wirkung der jeweils anderen Bremsenrichtungsart nicht beeinträchtigt wird. Zusätzlich muss eine dieser Bremsenrichtungsarten auch bei einem Ausfall der Fahrstromversorgung weiter betrieben werden können.

6.2.2 Eine der Bremsenrichtungsarten allein muss das Abrollen eines MXD-beladenen Fahrzeuges in einem festgelegten Gefälle verhindern (Haltebremse).

6.2.3 Eine der Bremsenrichtungsarten allein muss das Abrollen eines MVD-beladenen Fahrzeuges in einem festgelegten Gefälle verhindern (Feststellbremse). Diese Bremsenrichtungsart muss nach dem Federspeicherprinzip oder einem gleichwertigen Prinzip arbeiten und die Bremskraft darf nur durch mechanische Mittel übertragen werden.

6.2.4 Eine Bremsenrichtungsart muss unabhängig vom Kraftschluss zwischen Rad und Schiene und unabhängig von einem Ausfall der Fahrstromversorgung sein.

6.2.5 Die mit den entsprechenden Bremsenrichtungsarten erzielten Verzögerungen müssen Tabelle 4 entsprechen.

6.2.6 Um das erforderliche Bremsvermögen der Notbremsung 3 zu erreichen, muss eine Verbesserung des Kraftschlusses durch Sandungsanlagen oder gleichwertige Anlagen vorgesehen werden. Diese müssen so gebaut sein, dass sie auch unter äußerst ungünstigen Witterungsbedingungen zuverlässig arbeiten. Die ausgestreuten Sandmengen und Art des Sandes sind durch Prüfung oder vergleichbare Erfahrungswerte zu bestimmen, damit eine zuverlässige Verbesserung des Kraftschlusses erreicht wird.

6.2.7 Sofern erforderlich, müssen die Sandungsanlagen oder ähnliche Einrichtungen automatisch oder zusätzlich betätigt werden, wie in der technischen Spezifikation festgelegt.

6.2.8 Sicherheitsbremsungen müssen in der Lage sein, den Zug mindestens einmal mit der außergewöhnlichen Zuladung (MXD) bei allen innerhalb des Streckennetzes auftretenden Gefällen anzuhalten.

6.3 Werte für das Bremsvermögen

6.3.1 Allgemeines

Die nachstehenden Werte sind Mindestanforderungen. Strengere Anforderungen dürfen für besondere Fälle in den technischen Spezifikationen vorgegeben werden.

6.3.2 Bremsvermögen

Entsprechend der Definition aus 5.6.1 bis 5.6.3 gelten die Werte aus Tabelle 2 unter Normalbedingungen, d. h. wenn alle Bremsen verfügbar sind.

Tabelle 2 — Theoretisches Bremsvermögen

	Maximale Betriebs- bremsung	Not- bremsung 1	Not- bremsung 2	Not- bremsung 3	Not- bremsung 4	Sicherheits- bremsung
Äquivalente Verzögerung a_e m/s^2	1,2	1,2	1,2	2,8	2,8	0,9
Äquivalente Ansprechzeit t_e s	1,5	1,5	1,5	0,85	0,85	2

Die technische Spezifikation kann für die maximale Betriebsbremsung einen von dem obigen Wert abweichenden Wert a_e fordern.

6.4 Komfortwerte

Im Fall einer Änderung der Bremsanforderung während einer laufenden Bremsung können die zulässigen Werte in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

Für die Anwendbarkeit der Ruckgrenzwerte siehe 5.6.4.

Tabelle 3 — Verzögerungs- und Ruckwerte

	Betriebs- bremsung	Not- bremsung 1	Not- bremsung 2	Not- bremsung 3	Not- bremsung 4	Sicherheits- bremsung
Maximale Momentan- verzögerung m/s^2	2	2,5	2,5	5	5	5
Maximaler (mittlerer) Ruck m/s^3	1,5	4	4	8	8	8